

Fitoremediasi Limbah Cair Industri Minyak dan Gas dengan Eceng Gondok (*Eichhornia crassipes*) dengan Resirkulasi 40% dan 60%

Syafinda Mulia Chairin Nisa¹, Ulvi Pri Astuti^{1*}, dan Ayu Nindyapuspa¹

¹Program Studi Teknik Pengolahan Limbah, Jurusan Teknik Permesinan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Surabaya 60111

*E-mail: ulvipriastuti@ppns.ac.id

Abstrak

Produksi minyak dan gas bumi bermanfaat ekonomi bagi Indonesia, namun juga menyebabkan polusi lingkungan di setiap tahap prosesnya. Air terproduksi dari industri MIGAS mengandung konsentrasi BOD5 172 mg/L, COD 363 mg/L, minyak dan lemak 8 mg/L, dan TDS 12.860 mg/L. Pengolahan lanjutan diperlukan untuk mengurangi kadar pencemar tersebut. Penelitian ini menguji efektivitas tanaman *Eichhornia crassipes* dengan variasi resirkulasi 40% dan 60%. Penelitian melibatkan empat tahapan: propagasi, aklimatisasi, *Range Finding Test* (RFT), dan fitoremediasi menggunakan sistem resirkulasi kontinu. Hasil penelitian menunjukkan penyisihan terbaik TDS dan minyak lemak pada resirkulasi 40% dan COD pada resirkulasi 60% dengan penurunan signifikan

Keywords: COD, *Eichhornia crassipes*, Resirkulasi, Minyak dan Lemak, TDS

1. PENDAHULUAN

Kegiatan industri migas baik di daratan maupun perairan menyebabkan pencemaran minyak bumi yang signifikan, dari usaha hulu hingga hilir, berpotensi merusak lingkungan (Ridwan, 2022). Bahan kimia dari proses produksi kilang minyak yang telah diolah menggunakan IPAL masih belum memenuhi baku mutu air limbah industri minyak dan gas. Parameter COD sebesar 363 mg/L dan TDS sebesar 12.680 mg/L melebihi baku mutu yang masing-masing adalah 200 mg/L dan 400 mg/L. Oleh karena itu, diperlukan pengolahan lanjutan untuk mengurangi bahan pencemar dalam air terproduksi migas. Salah satu metode yang direkomendasikan adalah fitoremediasi (Prasetyo, 2021).

Penelitian Rahmawati (2016) Sistem kontinu menyebabkan fluktuasi TDS, COD, minyak, lemak dari influent menuju ke effluent. Fitoremediasi unggul karena alami, biaya rendah, dan sinergis dengan lingkungan (Paz-alberto & Sigua, 2013).

Metode resirkulasi dapat meningkatkan efektivitas fitoremediasi dengan mengalirkan kembali air yang telah digunakan ke reaktor (Hidayat, 2023). Resirkulasi mempermudah distribusi oksigen dan meningkatkan kinerja mikroba dalam mengurangi polutan, menjadikannya lebih efektif daripada fitoremediasi tanpa resirkulasi (Darma, 2020).

Penelitian menggunakan resirkulasi 40% dan 60% dengan eceng gondok sebagai tanaman hiperakumulator untuk menurunkan TDS, COD, minyak, dan lemak. Eceng gondok dapat mengurangi kadar BOD sebesar 78,38% - 79,49%, menurunkan kekeruhan sebesar 80,77% - 84,62%, dan meningkatkan *Dissolved Oxygen* (DO). Selain itu, *Eichhornia crassipes* juga mampu menekan COD sebesar 59,11% (Raissa & Tangahu, 2017; Novita dkk., 2020).

2. METODE

Metode penelitian yang digunakan terdiri dari beberapa tahapan. Tahap pertama yaitu propagasi, tahap kedua aklimatisasi, RFT dan tahapan terakhir adalah fitoremediasi. Fitoremediasi dilakukan pengamatan harian morfologi tanaman (tinggi tanaman, jumlah daun, serta perubahan warna pada daun), pH, dan suhu.

2.1 Persiapan Alat dan Bahan

Reaktor fitoremediasi menggunakan reaktor berbahan kaca dengan ukuran 80 cm x 30 cm x 40 cm dilengkapi dengan kran, selang, dan pompa sebagai alat bantu resirkulasi. Sedangkan alat ukur yang digunakan pada pengamatan harian adalah kertas pH, termometer, dan meteran untuk mengukur tinggi, dan diameter tanaman *Eichhornia crassipes*.

2.2 Propagasi

Propagasi tanaman adalah proses memperbanyak tanaman baru untuk menyediakan stok penelitian. Proses ini berlangsung selama 1 bulan hingga muncul tunas baru (generasi kedua), yang kemudian digunakan dalam

penelitian (Nafiat & Titah, 2021). Propagasi *Echhornia crassipes* dilakukan selama 1 bulan dan dilakukan pengamatan pada pertumbuhan tinggi tanaman, dan diameter tanaman. Selama proses propagasi, *Echhornia crassipes* diberi vitamin B1 (1 mL/liter air) sesuai label T-Rex B1. Penelitian Obenu (2019) menunjukkan propagasi berlangsung selama 1 bulan hingga tumbuhan tumbuh optimal.

2.3 Aklimatisasi

Aklimatisasi adalah penyesuaian tanaman fitoremediasi terhadap lingkungan baru agar dapat hidup meski kondisi berubah-ubah (Raissa & Tangahu, 2017). Penelitian Nurmalinda & Agus (2018) menunjukkan proses aklimatisasi membantu tanaman menyesuaikan diri sebelum hidup di media air limbah. Aklimatisasi *Echhornia crassipes* dilakukan dengan cara meletakkan tanaman pada reaktor yang berisi air limbah. Proses aklimatisasi dilakukan secara bertahap dengan perbandingan volume air limbah dan air PDAM 25:75 dan 50:50, masing-masing selama 3 hari.

2.4 Range Finding Test (RFT)

Tanaman yang telah mengalami aklimatisasi kemudian masuk tahap RFT untuk menentukan konsentrasi maksimum air limbah yang masih aman bagi tanaman. Tahap RFT dilakukan selama 96 jam sesuai pedoman USEPA Guidelines Part 850.4500, dengan konsentrasi air limbah 0%, 20%, 40%, 60%, 80%, dan 100% secara bersamaan (Damanik & Purwanti, 2018). Menurut Tiana (2015), selama proses RFT, *Echhornia crassipes* tumbuh karena air limbah industri migas mengandung zat organik seperti Na, K, dan Ca sebagai nutrisi.

2.5 Fitoremediasi

Menurut Hartanti dkk., (2013), fitoremediasi adalah teknologi yang menggunakan tanaman dan mikroorganisme untuk mengurangi COD, TDS, minyak, dan lemak. Tanaman mendegradasi atau menghilangkan kontaminan dari tanah dan air melalui sistem akar, yang menyerap dan mengakumulasi air, nutrisi, dan kontaminan non-esensial (EPA, 2000). Sistem akar menyediakan luas permukaan besar untuk menyerap dan mengakumulasi air, nutrisi penting bagi pertumbuhan, serta kontaminan non-esensial. (Ma dkk., 2011).

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Karakteristik Limbah Awal

Berdasarkan pengujian pertama, air limbah terproduksi migas mengandung beban pencemar dengan parameter yang tidak memenuhi baku mutu sebagaimana dinyatakan pada **Tabel 1**.

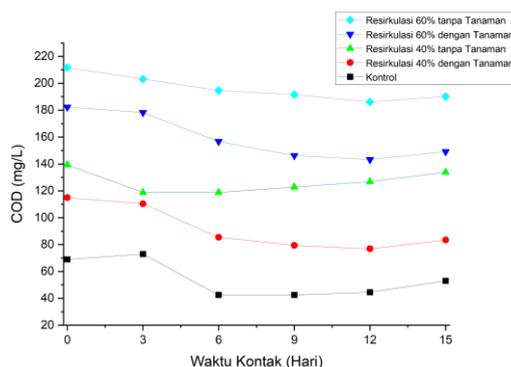
Tabel 1 komparasi Kondisi Eksisting dengan Baku Mutu

Parameter	Satuan	Kondisi Eksisting	Baku Mutu
COD	mg/L	363	200
TDS	mg/L	12.680	4000
Minyak dan Lemak	mg/L	6	25

Berdasarkan hasil uji karakteristik, limbah cair industri minyak dan gas memiliki nilai yang melebihi baku mutu menurut Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 19 tahun 2010. Oleh karena itu, perlu adanya pengolahan sebelum limbah cair tersebut dibuang ke badan air. \

3.2 Analisis Parameter COD

Hasil Analisa kadar COD selamat tahap fitoremediasi selama 15 hari disajikan dalam konsentrasi yang dapat dilihat pada **Gambar 1**.



Gambar 1. Grafik Penurunan Konsentrasi COD

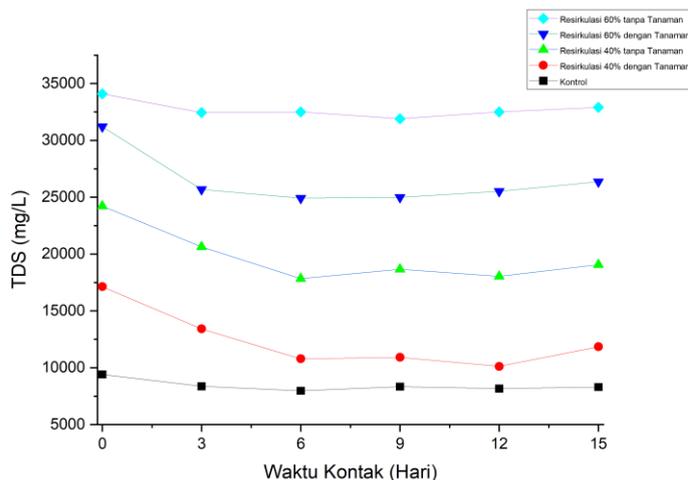
Berdasarkan Gambar 1 reaktor dengan resirkulasi 40% menggunakan *Echhornia crassipes* mampu menurunkan kadar COD hingga hasil akhir 38 mg/L. Reaktor dengan resirkulasi 60% menggunakan *Echhornia crassipes* mampu menurunkan kadar COD hingga hasil akhir mencapai 36 mg/L. Reaktor dengan resirkulasi 60% mampu mereduksi kadar COD hingga hasil akhir mencapai 68 mg/L. Reaktor dengan resirkulasi 40% mampu mereduksi kadar COD hingga hasil akhir 64 mg/L.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa reaktor dengan resirkulasi 60% menggunakan *Echhornia crassipes* mengalami penurunan konsentrasi COD yang lebih signifikan dibandingkan dengan reaktor resirkulasi 60% menggunakan *Echhornia crassipes*. Nilai COD yang tercapai telah memenuhi standar baku mutu air limbah sesuai Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 19 Tahun 2010, yaitu sebesar 200 mg/L.

Penyerapan COD dalam air limbah terjadi di akar tanaman, terutama pada *Echhornia crassipes* yang memiliki permukaan akar luas. Akar ini dapat mereduksi COD dan mengakumulasi air serta nutrisi, termasuk kontaminan lain (Sukono dkk., 2020). Sistem aliran sirkulasi penting untuk distribusi oksigen yang merata di sekitar akar tanaman (Novita, 2020).

3.3 Analisis Parameter TDS

Hasil analisis kadar COD selamat tahap fitoremediasi selama 15 hari disajikan dalam konsentrasi yang dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Grafik Penurunan Konsentrasi TDS

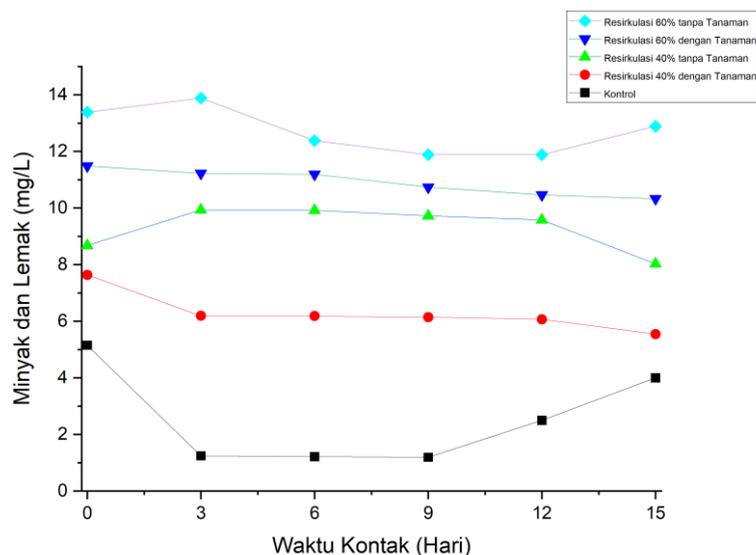
Berdasarkan Gambar 2, reaktor resirkulasi 40% dengan *Echhornia crassipes* menurunkan kadar TDS hingga 4.133,33 mg/L, sedangkan resirkulasi 60% mencapai 4.566,6 mg/L. Pada reaktor dengan resirkulasi 40% dan 60% tanpa *Echhornia crassipes* mampu menekan kadar TDS hingga hasil akhir berturut-turut 4.266,67 mg/L dan 6.933,3 mg/L. Nilai TDS yang tercapai tidak memenuhi standar baku mutu air limbah sesuai Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 19 Tahun 2010, yaitu sebesar 4.000 mg/L.

Penyerapan TDS terjadi di jaringan akar tanaman, di mana kontaminan masuk melalui akar dan difusi menuju xylem, lalu terakumulasi di akar (Tripathi, 2020). Pengurangan kadar TDS juga disebabkan oleh resirkulasi, yang mengakumulasi TDS akibat pemecahan dan oksidasi zat padatan (Le, 2020). Terjadinya peningkatan kadar TDS pada hari ke-15 diakibatkan oleh kejenuhan pada tanaman. Hal ini terjadi karena

tanaman terlalu banyak menyerap kontaminan pada air limbah yang sedang di teliti (Billah dkk., 2023).

3.4 Analisis Parameter Minyak dan Lemak

Hasil analisis kadar COD selamat tahap fitoremediasi selama 15 hari disajikan dalam konsentrasi yang dapat dilihat pada **Gambar 3**.



Gambar 3. Grafik Penurunan Konsentrasi Minyak dan Lemak

Berdasarkan Gambar 3, reaktor dengan resirkulasi 40% dan *Echhornia crassipes* menurunkan kadar minyak dan lemak hingga 3 mg/L, sedangkan resirkulasi 60% mencapai 4 mg/L. Sedangkan pada reaktor dengan resirkulasi 40% dan 60% tanpa menggunakan *Echhornia crassipes* mencapai hasil akhir 4,5 mg/L. Nilai minyak dan lemak yang tercapai telah memenuhi standar baku mutu air limbah sesuai Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 19 Tahun 2010, yaitu 25 mg/L.

Penurunan kadar minyak dan lemak terjadi signifikan selama fitoremediasi. Putra (2018) hal ini disebabkan oleh fitoakumulasi yang diikuti dengan rizodegradasi, yang mengurangi kandungan minyak dan lemak dalam air limbah.

4. KESIMPULAN

Penelitian pengolahan air limbah industri minyak dan gas dengan fitoremediasi menunjukkan *Echhornia crassipes* pada resirkulasi 40% menurunkan TDS hingga 4.133,33 mg/L dan minyak serta lemak menjadi 3 mg/L. Sementara itu, pada reaktor dengan resirkulasi 60%, parameter COD dapat diturunkan hingga mencapai konsentrasi 38 mg/L.

5. DAFTAR PUSTAKA

- Billah, Z., Dewi, T. U., & Mayangsari, N. E. (2023). Penurunan Kadar COD Air Limbah Industri Tempe dengan Metode Fitoremediasi Menggunakan Tanaman *Typha latifolia*. In *Conference Proceeding on Waste Treatment Technology* (Vol. 6, No. 1).
- Damanik, M. O., & Purwanti, I. F. (2018). Range Finding Test (RFT) cyperus rotundus l dan scirpus grossus sebagai penelitian pendahuluan dalam pengolahan limbah cair tempe. *Jurnal Teknik ITS*, 7(1), F161-F164.
- Darma, A. P. (2020). Fitoremediasi Total Dissolve Solid (TDS) Pada Limbah Cair Industri Menggunakan Melati Air (*Echinodorus paleaefolius*) dengan Sistem Resirkulasi. *Surabaya: Program Studi Teknik Lingkungan, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Sunan Ampel Surabaya*.
- Hartanti, P. I., Sutanahaji, A.T., & Wirosodarmo, R. (2013). Pengaruh Kerapatan Tanaman Eceng Gondok (*Eichornia Crassipes*) Terhadap Penurunanlogam Chromium Pada Limbah Cairpenyamanan Kulit .*Jurnal Sumberdaya Alam Dan Lingkungan*, 1 (2): 31–37
- Hidayat, M. I. (2023). Fitoremediasi Menggunakan *Hydrilla Verticillata* Dan *Equisetum Hyemale* Dengan Sistem Kontinyu Untuk Menurunkan Kadar Cod Dan Tss Limbah Industri Tahu Kabupaten Mojokerto (Doctoral dissertation, Politeknik perkapalan Negeri Surabaya).
- Ma, Y., Prasad, M. N. V., Rajkumar, M., & Freitas, H. (2011). *Plant growth promoting rhizobacteria and endophytes accelerate phytoremediation of metalliferous soils*. *Biotechnology Advances*, 29(2), 248–258.

- Nafiat, N., & Titah, H. S. (2021). Pengolahan Air Limbah dari Kegiatan Pemeliharaan dan Pencucian Lokomotif dengan Menggunakan Eceng Gondok (*Echhornia crassipes*). *Jurnal Teknik ITS*, 10(2), F82-F87.
- Novita, E., Wahyuningsih, S., Jannah, D.A.I. and Pradana, H.A., (2020). Fitoremediasi Air Limbah Laboratorium Analitik Universitas Jember Dengan Pemanfaatan Tanaman Eceng Gondok Dan Lembang. *Jurnal Bioteknologi dan Biosains Indonesia*, 7(1), pp.121-135.
- Nurmalinda, A. T., & Agus, P. (2018). Aklimatisasi Tanaman Lemna Minor Dan Azolla Microphylla Terhadap Lindi TPA Piyungan Pada Tahap Awal Fitoremediasi. Prosiding Pertemuan dan Presentasi Ilmiah Penelitian Dasar Ilmu Pengetahuan dan Teknologi Nuklir Pusat Sains dan Akselelator.
- Obenu, Adriana.(2019). Fitoremediasi Tanah Tercemar Aluminium Menggunakan *Scirpus grossus*, *Typha angustifolia* dan Bioaugmentasi *Vibrio alginolyticus*. Tesis. Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Paz-Alberto, A. M., & Sigua, G. C. (2013). Phytoremediation: A Green Technology to Remove Environmental Pollutants. *American Journal of Climate Change*, 2(1), 71–86. <https://doi.org/10.4236/ajcc.2013.21008>.
- Prasetyo, R. A. (2021). Review Jurnal Teknologi Fitoremediasi Untuk Pemulihan Lahan Tercemar Minyak. *PETRO: Jurnal Ilmiah Teknik Perminyakan*, 10(2), 53-59.
- Rahmawati, A., Zaman, B., & Purwono, P. (2016). Kemampuan tanaman Kiambang (*Salvinia Molesta*) dalam menyisihkan BOD dan Fosfat pada limbah domestik (Grey water) dengan sistem fitoremediasi secara kontinyu (Doctoral dissertation, Diponegoro University).
- Raissa, D. G., & Tangahu, B. V. (2017). Fitoremediasi Air Yang Tercemar Limbah Laundry Dengan Menggunakan Kayu Apu (*Pistia stratiotes*). *Jurnal Teknik ITS*, 6(2), F233-F237.
- Ridwan, F. H. (2022). The Implementation of Oil and Gas Cooperation Contract Based on the Legal Principles of Pacta Sunt Servanda and The State's Right to Control Land, Water and Natural Wealth Pursuant to Article 33 Paragraph (3) of The 1945 Constitution of The Republic of. *DE LEGA LATA: Jurnal Ilmu Hukum*, 8(1), 52-65.
- Sukono, G. A. B., Hikmawan, F. R., Evitasari, D. S., & Satriawan, D. (2020). Mekanisme Fitoremediasi. *Jurnal Pengendalian Pencemaran Lingkungan (JPPL)*, 2(02), 40-46.
- Tiana, A.N., (2015). Air Terproduksi: Karakteristik dan Dampaknya Terhadap Lingkungan. *Jurnal Teknik Kimia*, 1(1), pp.01-11.